



Q78365

BREVET D'INVENTION

Boulanger

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **08 OCT. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Planché', enclosed within a large, stylized oval loop.

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



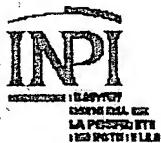
N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DS 543 W / 762097

REMISE DES PIÈCES DATE 25 NOV 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0214732 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 25 NOV. 2002 PAR L'INPI Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> 104942/SH/SSPD/TPM		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL Département PI Stéphane HEDARCHET 30 avenue Kléber 75116 PARIS	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/> Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/> Demande divisionnaire <input type="checkbox"/> <i>Demande de brevet initiale</i> N° <input type="checkbox"/> Date <input type="text"/> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° <input type="checkbox"/> Date <input type="text"/> Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° <input type="checkbox"/> Date <input type="text"/>		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) CELLULE SOLAIRE POUR PANNEAU DE GENERATEUR SOLAIRE, PANNEAU DE GENERATEUR SOLAIRE ET VEHICULE SPATIAL			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF Adresse Rue Code postal et ville Pays Nationalité N° de téléphone <i>(facultatif)</i> N° de télécopie <i>(facultatif)</i> Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite» ALCATEL Société Anonyme 54 201 909 6 54, rue La Boétie 75008 PARIS FRANCE Française	



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 25 NOV 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0214732 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	
---	--

DE 543 W / 250393

Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		104942/SH/SSPD/TPM	
6 MANDATAIRE			
Nom		HEDARCHET	
Prénom		Stéphane	
Cabinet ou Société		Compagnie Financière Alcatel	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 9222	
Adresse	Rue	30 Avenue Kléber	
	Code postal et ville	75116	PARIS
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence)	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR XX DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Stéphane HEDARCHET / LC 40 B 	
		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

**CELLULE SOLAIRE POUR PANNEAU DE GENERATEUR
SOLAIRE, PANNEAU DE GENERATEUR SOLAIRE ET VEHICULE
SPATIAL**

5 La présente invention est relative, d'une manière générale, au domaine des cellules solaires, notamment pour applications spatiales. Elle concerne plus particulièrement une cellule solaire pour un panneau de générateur solaire, notamment pour véhicule spatial, comprenant au moins un réflecteur pour la réflexion du rayonnement solaire sur au moins
10 une cellule photovoltaïque du panneau.

L'invention concerne également un panneau de générateur solaire et un véhicule spatial.

Un panneau de générateur solaire transporté dans un véhicule spatial, tel qu'un satellite, comprend en général :

- 15 - un panneau support d'un réseau de cellules photovoltaïques formant des chaîne de cellules ("strings" en anglais), transformant l'énergie solaire en énergie électrique,
- un réseau de réflecteurs qui concentrent les rayonnements solaires sur les précédents grâce à un revêtement aux propriétés
20 adéquates.

De tels panneaux de générateur solaire peuvent être répartis selon des configurations très diverses. Il s'agit classiquement d'une succession longitudinale, parallèle à une direction s'éloignant du corps du véhicule spatial et autour de laquelle le générateur est destiné à tourner
25 pour suivre le soleil. Toutefois, pour augmenter la puissance électrique disponible, il a été proposé de disposer, en plus des panneaux précédents, des panneaux supplémentaires latéraux. On connaît aussi des configurations dans lesquelles les panneaux sont disposés selon une direction transversale, c'est à dire selon une direction transversale à la
30 direction longitudinale précitée selon laquelle s'étend l'étrier ou bras

d'éloignement ("yoke" en anglais) qui relie le générateur au corps du véhicule spatial, et autour de laquelle le générateur est adapté à tourner pour suivre le soleil.

Lors du lancement, ce générateur est replié et ses panneaux sont
5 empilés les uns sur les autres dans une configuration appelée configuration gerbée ou stockée.

La mise en service opérationnel du générateur, par exemple lorsque le véhicule est un satellite mis sur son orbite de service, impose de déplier l'empilement de panneaux : on parle alors de dégerbage.

10 Pour passer de la configuration gerbée à la configuration déployée, dans laquelle les panneaux solaires sont disposés sensiblement dans un même plan, les panneaux sont articulés deux à deux, soit au moyen d'articulations ayant des éléments adjacents articulés autour d'un axe de pivotement et solidarisés chacun à l'un de deux
15 panneaux voisins, soit au moyen d'articulations reliant des bords parallèles de panneaux.

Concernant la méthode de concentration des rayonnements solaires, il a été proposé, dans un premier temps, tel qu'illustré sur la figure 1, un système 1, dit à auge, attrayant de part son apparente
20 simplicité de mise en œuvre. Celui-ci consiste à déployer de part et d'autre d'un panneau solaire 2 traditionnel, deux réflecteurs souples qui permettent, géométriquement, de doubler la surface collectrice de flux solaire. Cependant, ce système souffre de plusieurs inconvénients, notamment celui du modèle thermique adopté et surtout celui de
25 présenter une limite technologique en termes de facteur de concentration et donc de puissance. En outre, il paraît difficile de maintenir les films réfléchissants en configuration optimale, des défauts de planéité ou de rigidité risquant d'apparaître. Un problème supplémentaire réside en ce
30 uniformité sur la surface active, provoquant alors l'apparition de

phénomènes dits de "points chauds" : de fortes variations de courant peuvent surgir d'une chaîne de cellules à une autre, liées à la non-uniformité de distribution du flux solaire.

Afin de pallier ces différents inconvénients, il est apparu, dans un second temps, un nouveau concept de concentration. Selon ce concept, un panneau de générateur présente une succession alternée de chaînes de cellules et de réflecteurs. La concentration se réalise alors localement au niveau des cellules, conférant au système utilisé l'appellation usuellement admise de système à concentration locale.

Ce type de système à concentration locale est, par exemple, décrit dans le brevet US 6,177,627 et illustré sur les figures 2a et 2b de la présente demande. La figure 2a illustre un réflecteur 4 supporté par un panneau 5. Le réflecteur 4, de section triangulaire, est formé d'une partie 4.1 métallique et flexible, recouverte sur ses deux parois ouvertes vers l'espace d'une feuille 42 métallique flexible, apte à réfléchir le rayonnement solaire. En position déployée, le réflecteur est naturellement tendue selon la figure 2a, la partie 4.1 étant formée d'un matériau se dressant naturellement dans sa position érigée. Par contre, lorsque les panneaux 5 sont dans leur configuration gerbée, tel que représenté sur la figure 2b, les panneaux en regard sont agencés de manière à minimiser l'espace existant entre eux, compressant au maximum les réflecteurs 4 et 4' en regard l'un de l'autre.

Cependant, dans les systèmes à concentration locale tel que celui présenté ci-dessus, une même chaîne de cellules solaires avec ses réflecteurs associés doit subir une phase d'adaptation (dite "matching" en anglais) avant sa mise en place sur le panneau, consistant à trier les cellules par rendement photoélectrique à un même pourcentage près (ceci de manière à ce qu'une cellule de rendement beaucoup plus faible que les autres ne limite pas le courant de la chaîne) ; cette phase de tri est réalisée sans les réflecteurs, de sorte que, quand les réflecteurs sont

montés, ces derniers vont générer un « mismatching » (ou désadaptation) dans la chaîne de l'ordre de la dispersion du coefficient de concentration des réflecteurs ; ceci a pour conséquence globale de perdre de la puissance.

5 En outre, selon l'art antérieur, lorsqu'une cellule tombe en panne, il est nécessaire de retirer les deux réflecteurs encadrant la cellule pour la remplacer et de nouveau placer les deux réflecteurs. Cette procédure de dépannage est également coûteuse en main d'œuvre.

10 La présente invention a donc pour objectif de remédier aux problèmes exposés ci-dessus en proposant un nouveau concept de cellule solaire pour un panneau de générateur solaire, comportant au moins un réflecteur, qui permette une optimisation du rendement photoélectrique lors de la mise en place de la cellule sur le panneau.

15 A cet effet, l'invention a pour objet une cellule solaire pour un panneau de générateur solaire, caractérisé en ce qu'elle est couplée à un réflecteur pour la réflexion du rayonnement solaire sur la cellule, ce réflecteur étant sensiblement de même largeur que celle de contact avec la cellule et fixé à l'une de ses extrémités dans le sens de la hauteur à la
20 cellule par des moyens de fixation de sorte que la cellule forme avec le réflecteur un composant élémentaire, tandis que l'autre extrémité demeure libre, les propriétés de flexibilité mécanique du réflecteur étant déterminées de manière à se maintenir dressé, dans une première position, où l'extrémité libre pointe vers l'espace extérieur en l'absence de
25 pression verticale, définissant ainsi une première face du réflecteur dite supérieure faisant face à l'espace extérieur alors que la face opposée dite inférieure fait face au panneau, et de manière à, dans une seconde position, pouvoir présenter sa face supérieure orientée vers le plan du panneau en réponse à une pression verticale.

Ainsi, grâce à l'invention, il n'est nécessaire de procéder à l'étape d'adaptation qu'une fois le réflecteur assemblé avec la cellule. Pour cette raison, la dispersion des réflecteurs ne pénalise pas le rendement des cellules, au contraire de l'art antérieur.

5 De plus, un autre avantage de l'invention réside dans la simplification de remplacement des pièces en cas de panne d'une cellule. En effet, dans un tel cas de figure, il suffit de retirer le composant élémentaire défectueux pour le remplacer par un autre qui soit neuf. Cet avantage est considérable lorsqu'on le compare à la nécessité de retrait
10 de deux rangées de réflecteurs et leur mise en place à la moindre panne. En outre, la surface fonctionnelle de réflexion du réflecteur, qui est la face supérieure, laquelle est pliée sur elle-même en configuration gerbée, est entièrement protégée de toute dégradation par action extérieure telle que des frottements avec des surfaces en regard. En outre,
15 un autre avantage considérable de l'invention réside dans l'accessibilité à l'espace sous la lame flexible réfléchissante du réflecteur, ceci en cas de besoin de réparation du câblage situé dans cet espace. En effet, une fois que les cellules solaires et les réflecteurs du panneau sont installés, le câblage sous le toit des réflecteurs étant également mis en place, une
20 série de tests est mis en œuvre pour vérifier le fonctionnement de chacun des éléments du panneau. En cas de défauts de fonctionnement de l'un des câbles, il est obligatoire, en adoptant les réflecteurs à concentration locale de l'art antérieur, tel que décrit dans le brevet US 6,177,627, de retirer l'intégralité du réflecteur pour accéder au câblage associé. Grâce à
25 l'invention, il n'est plus nécessaire de retirer le réflecteur. Il suffit d'écarter le réflecteur flexible pour que l'accessibilité ainsi souhaitée soit effective.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la cellule repose sur la partie centrale du réflecteur, les extrémités de ce dernier étant

conformées de manière à former deux sous-rélecteurs latéraux pour la cellule.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le réflecteur est composé d'un matériau électriquement isolant, par exemple du Kapton™, et d'un renfort mécanique pour permettre ladite flexibilité, par exemple en Titane.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les deux sous-rélecteurs sont fixés par des attaches électriquement isolantes à la cellule, cette dernière reposant sur un support électriquement isolant conformé de manière à permettre le soutien de la base des sous-rélecteurs lorsque ceux-ci sont déployés.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les deux sous-rélecteurs sont formés d'un film réfléchissant.

Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit réflecteur comporte une base sur laquelle repose la cellule, ladite base et les deux sous-rélecteurs formant une seule et même pièce en matériau électriquement isolant, les extrémités supérieures des sous-rélecteurs étant pourvues d'un film réfléchissant.

Selon un mode de réalisation de l'invention, selon une coupe dans le sens de la longueur de la chaîne de cellules à laquelle appartient la cellule, un support électriquement isolant de la cellule, dite courante, est conformé selon un profil à double inflexion de sorte qu'une première extrémité surbaissée de ce support puisse supporter une extrémité surélevée d'un support associé à une première cellule adjacente de la cellule courante et appartenant à ladite chaîne et l'autre seconde extrémité surélevée, destinée à supporter la cellule courante, puisse reposer sur une extrémité surbaissée d'un support associé à une seconde cellule adjacente de ladite cellule courante et appartenant à ladite chaîne, cet agencement entre supports adjacents permettant une

entière isolation électrique des cellules d'une même chaîne avec le panneau de support de la chaîne.

Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit réflecteur flexible présente des propriétés mécaniques telles qu'à l'équilibre de la première position, ladite face supérieure présente une concavité.

Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit matériau flexible présente des propriétés mécaniques telles qu'à l'équilibre de la première position, chaque réflecteur forme un plan à l'exception de leur extrémité libre qui présente une courbure vers l'extérieur de manière à supporter la mise en contact lors de la phase de libération de la pression verticale.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les surfaces des faces inférieures présentent un coefficient de frottement faible.

Selon un mode de réalisation de l'invention, les deux faces supérieures de chaque couple de sous-réflecteurs associées à une même cellule sont pliées sur elles-mêmes en se faisant face dans la seconde position.

L'invention a également pour objet un panneau de générateur solaire, caractérisé en ce qu'il comporte une cellule solaire selon l'invention.

L'invention a également pour objet un véhicule spatial, notamment satellite, caractérisé en ce qu'il comporte un panneau de générateur solaire selon l'invention.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante des exemples particuliers de réalisation en référence aux figures suivantes :

- la figure 1, déjà décrite, représente un système à panneau solaire et réflecteurs associés, selon un premier concept de l'art antérieur,

- les figures 2a et 2b, déjà décrites, représentent des réflecteurs selon un second concept de l'art antérieur,

- la figure 3 représente, schématiquement une vue en perspective d'un panneau de générateur solaire selon un mode de réalisation de l'invention,

- la figure 4a illustre une coupe, selon une section transversale, du panneau de la figure 3 en configuration dégerbée, la vue étant focalisée au niveau d'un couple de réflecteurs en regard, alors que la figure 4b illustre la même coupe que précédemment en configuration gerbée,

- la figure 5a représente l'évolution du facteur de concentration en fonction de l'angle d'incidence pour une configuration donnée,

- la figure 5b montre l'impact de la concavité des réflecteurs sur le facteur de concentration optique C_{optique} ,

- la figure 5c montre l'effet conjoint de la concavité et de l'angle d'incidence des réflecteurs sur le facteur de concentration optique C_{optique} ,

- la figure 5d montre la sensibilité du facteur de concentration optique C_{optique} en fonction de l'angle d'incidence relié lui-même à la concavité,

- la figure 6 représente un autre mode de réalisation de couples cellule-réflecteur selon l'invention, selon une coupe transversal,

- la figure 7 représente une variante applicable tout aussi bien à l'un qu'à l'autre des modes de réalisation des figures 4a et 6, en y adaptant un moyen permettant de résoudre le problème de la totale isolation entre les cellules et le panneau.

Sur les figures suivantes, des éléments remplissant des fonctions identiques porteront les mêmes références.

Sur la figure 3, il est représenté, schématiquement, une vue en perspective d'un panneau 6 de générateur solaire selon un mode de réalisation de l'invention.

Ce panneau 6 présente, sur sa face destinée à être orientée vers la source lumineuse, une succession alternée de composants réflecteurs 7 et de chaînes 8 de cellules 9 photovoltaïques (les cellules 9 étant figurées de façon hachurée dans la chaîne 8). On note que, dans ce mode de réalisation des réflecteurs, ceux-ci ont été choisis selon une configuration légèrement concaves. Comme il sera expliqué dans la suite, il peut être envisagé d'autres formes de réflecteurs. Les réflecteurs et les cellules sont supportés par un panneau 10 support.

Sur la figure 3, est représenté, sous forme de plusieurs flèches, un flux solaire 11 dont certains faisceaux 110 illuminent directement la cellule 9 alors que d'autres 111 atteignent la cellule suite à une réflexion sur un réflecteur 7.

En outre, on notera sur la figure 3, que les cellules et réflecteurs sont agencés suivant la longueur (c'est à dire parallèle à une direction s'éloignant du corps du satellite) des panneaux, ceci afin de ne pas être affectés par la variation saisonnière d'incidence du flux solaire.

La figure 4a illustre une coupe selon une section transversale du panneau de la figure 3 en configuration dégerbée, la vue étant focalisée au niveau d'un couple C de réflecteurs 70, 71, alors que la figure 4b illustre la même coupe que précédemment en configuration gerbée.

Chaque réflecteur 70, 71 est composé de deux sous-réflecteurs latéraux 70, 71 comportant un matériau isolant électriquement et flexible. Chaque sous-réflecteur peut être, par exemple, un film de Kapton™, de 25µm doublé, soit 50µm entre cellules, et substrat du panneau 10 de support. En outre, le Kapton™ comporte un renfort mécanique pour sa mise en forme lorsqu'il passe en mode dégerbé, par exemple 25µm de Titane. Bien entendu, tout autre matériau remplissant les conditions

souhaitées de flexibilité et d'érectilité (en l'occurrence, tendance au redressement en l'absence de pression contraire) peut être envisagé. Le Kapton™ est recouvert sur les faces supérieures des sous-rélecteurs 70, 71, d'un film 700, 710 optiquement réfléchissant, du type de l'Argent, lui-même recouvert, de façon non représenté, d'un revêtement de protection. Cette caractéristique des sous-rélecteurs leur permet de réfléchir les rayons solaires incidents vers la cellule 9 en regard. Comme illustré, ce film 700, 710 dépasse leur extrémité libre E2, E2' et recouvre une partie des faces inférieures pour des raisons de maintien efficace sur les sous-rélecteurs.

A partir d'une configuration gerbée qui sera décrite dans la suite et consécutivement à une libération des panneaux, la configuration dégerbée des panneaux, telle que représentée sur la figure 4a, permet aux réflecteurs de se redresser naturellement dans leur position non contrainte. Comme illustré, les deux sous-rélecteurs associés à la cellule, avec laquelle ils coopèrent, sont en regard l'un de l'autre. Chaque sous-rélecteur 70, 71 se prolonge au niveau de sa base E1, E1' respectivement par une base de support 12, 13 sur laquelle repose respectivement la cellule associée 9. La cellule est fixée à la base de support au moyen d'une colle isolante 22. Ainsi, le couple de sous-rélecteurs couplé par leur base commune et associé à leur cellule propre forme un composant élémentaire, tels que ceux référencés 20, 21. L'extrémité libre E2, E2' des sous-rélecteurs 70, 71 se retrouve naturellement en contact, exerçant une même pression l'une contre l'autre dans une position d'équilibre.

On notera que l'extrémité E2, E2' peut présenter une légère courbure vers l'extérieur de manière à supporter la mise en contact des deux sous-rélecteurs 70, 71 lors de la phase de libération de la pression verticale.

Selon une variante avantageuse de l'invention, illustrée en pointillés sur la figure 4a, le matériau flexible utilisé pour le sous-réflecteur présente des propriétés mécaniques telles qu'en position d'équilibre où les sous-réflecteurs en regard reposent l'un contre l'autre, les faces supérieures 701, 711 de chacune d'elles présentent une certaine concavité. Il va être expliqué dans la suite l'intérêt d'une telle disposition.

Comme mentionné ci-dessus, on soulignera déjà l'avantage résultant de la configuration en concentration locale comme résidant dans la diminution des effets de distorsion des réflecteurs sur la puissance
10 fourni par le panneau solaire. Cela se traduit par un meilleur facteur de concentration global.

Dans le cas de la présente invention, le facteur de concentration Cgéométrique est fonction de l'angle θ d'inclinaison des réflecteurs, par rapport au plan du panneau de support, ceci selon la relation:

15
$$C_{\text{géométrique}} = 1 + 2\sin(2\theta - 90^\circ).$$

La limite théorique de ce facteur est: $C_{\text{géométrique}} = 3$.

Dans le cas pratique où les réflecteurs ont une longueur $2L$ par rapport à la cellule 9 de dimension L , tel que représenté sur la figure 4a, le facteur optique théorique obtenu par la méthode du "Ray-tracing", atteint
20 un optimum égal à 2,5 pour une incidence correspondant à $\theta = 68^\circ$, tel que l'on peut le constater sur la figure 5a illustrant le facteur de concentration optique théorique en fonction de l'incidence θ . Ceci présuppose que le rendement de réflectivité des réflecteurs soit de $R=1$ et que les réflecteurs soient parfaitement plans. La figure 5b représente l'effet de la présence
25 d'une courbure ou concavité, illustrée par une double flèche 14 (figure 4a) s'exerçant sur une paroi de sous-réflecteur 70, 71. La dimension d'une telle flèche correspond à la distance entre la position plane du réflecteur et le point de la courbure le plus éloigné du sous-réflecteur. Une double flèche de plus de 10mm contribue à une diminution brutale du facteur de
30 concentration optique.

Toute concavité des réflecteurs entraîne une variation des angles d'incidence des sous-réflecteurs. Dans le cas initial pratique de $C_{\text{optique}} = 2,5$, la figure 5c montre la variation du facteur de concentration pour différentes longueurs de flèches et par conséquent différents angles d'incidence. On s'aperçoit que l'optimum se situe pour des flèches voisines de 4mm ($C_{\text{optique}} > 3$ et supérieur au facteur de concentration initial 2,5). En fait, lorsque l'inclinaison des sous-réflecteurs diminue, la surface vue par le soleil de ces sous-réflecteurs augmente et l'énergie potentielle reçue augmente. Dans le cas de sous-réflecteurs plans, cette énergie n'est pas renvoyée vers la cellule mais lorsqu'ils présentent une courbure, cette énergie peut être renvoyée sur la cellule et ainsi augmenter le facteur de concentration.

Pour une flèche de 4mm, C_{optique} peut devenir supérieur au C_{optique} initial mais devient très sensible à l'angle d'incidence θ comme montré sur la figure 5d.

Le facteur de concentration optique dépend du rendement R optique du matériau du film réfléchissant soit : $C_{\text{optique}} = 1 + R(C_{\text{optique}} R = 1 - 1)$. Par exemple, pour $R=1$, $C_{\text{optique}} = 2,5$ et pour $R=0,88$, $C_{\text{optique}} = 2,32$.

Typiquement, pour avoir un facteur de concentration optique stable à 10%, il faut une stabilité d'incidence de $\pm 4^\circ$ et une flèche inférieure à 12mm.

Il est à souligner qu'autant pour le mode de réalisation illustré sur la figure 4a que pour sa variante en pointillés, les surfaces inférieures 702, 712 pourront présenter un coefficient de frottement Φ tel que $\text{tg } \Phi < 0,25$ par exemple avec du titane. Avec une telle disposition, lors de la libération des panneaux, si les deux sous-réflecteurs se retrouvent dans une position dissymétrique, les parties planes sans frottement des surfaces inférieures entraîneront automatiquement un mouvement d'ajustement des positions des sous-réflecteurs vers une position d'équilibre où la symétrie serait atteinte.

La figure 4b illustre la même coupe que la figure 4a dans la configuration gerbée de panneaux 10, 10'.

Le concept astucieux de l'invention prend également toute son ampleur dans la position qu'adoptent les sous-réflecteurs en configuration gerbée des panneaux. Au sol, les surfaces supérieures 701, 711 des sous-réflecteurs sont repliées sur elles-mêmes et en sens opposés, sous la pression du panneau supérieur 10'. Les panneaux 10, 10' sont maintenus les uns contre les autres au moyen de bandes 15, 16 de serrage.

10 Ainsi maintenus au sol jusqu'à leur libération, les films réfléchissants 700, 710 apposés sur les surfaces supérieures 701, 710 des sous-réflecteurs ne sont jamais en contact avec le panneau supérieur 10' ou un autre élément du panneau. Cette position permet au film réfléchissant de ne pas subir de dégradations par frottement.

15 Les panneaux étant repliés sur eux-mêmes, les bandes 15, 16 sont destinées à être libérées par la suite au sol. Les moyens de libération ne sont pas décrits dans la présente demande car connus en soi. Il arrive souvent que les séquences {déploiement de l'aile – repliement de l'aile} interviennent à plusieurs reprises, notamment lorsque plusieurs tests sont
20 nécessaires. On comprend alors d'autant plus que les risques de dégradations des surfaces réfléchissantes en contact se multiplient et, en conséquence, que l'invention objet de la présente demande apporte une solution radicale à ce problème par rapport à l'art antérieur.

25 La figure 6 représente un autre mode de réalisation de composant élémentaire 20' cellule-réflecteur, selon une coupe transversale du composant.

 Au contraire du précédent mode dans lequel la fonction d'isolation électrique entre la cellule et le panneau 10 était intégrée dans le réflecteur lui-même, cette fonction d'isolation est, dans le présent mode, découplée
30 de la fonction de réflexion lumineuse et de conversion photoélectrique. En

effet, le composant élémentaire 20' comporte un support 23 en matériau électriquement isolant du type Kapton™. Sur ce support 23 repose la cellule 9 collée au support 23 par une colle 22. Des sous-rélecteurs 700 latéraux sont fixés par des attaches 24 électriquement isolantes à la
5 cellule 9. Par ailleurs, le support 23 est conformé sur ses bords de manière concave et surélevée vers le haut du composant, ceci permettant le soutien de la base des sous-rélecteurs en mode dégerbée.

En variante, il peut être envisagé de retirer le support 23 du composant élémentaire 20'. Ceci revient à dire que le support 23 fait
10 partie du panneau et que le retrait d'un composant 20' pour son remplaçant ou pour sa réparation ne fait pas intervenir le support. Seuls sont retirés la cellule avec ses rélecteurs associés.

La figure 7 représente une variante applicable tout aussi bien à l'un qu'à l'autre des modes de réalisation des figures 4a et 6, en y
15 adaptant un moyen permettant de résoudre le problème de la totale isolation entre les cellules et le panneau.

La figure 7 illustre une succession de cellules 91-94 d'une même chaîne 8. Chaque cellule repose sur un film respectif 251-254 de type Kapton™. Selon l'esprit de la présente astuce, chaque film 251-254
20 comporte une patte, telle que celles référencées 251', 252', conformée selon un profil à double inflexion de sorte qu'une première extrémité surbaissée de chaque patte supporte le film surélevé associé à la cellule adjacente, chaque film, lui-même surélevé reposant sur une patte surbaissée d'un film associé à l'autre cellule adjacente de la chaîne. Ainsi,
25 cet agencement entre films permet une entière isolation électrique des cellules avec le panneau de support de celles-ci.

On notera bien sûr que les connexions électriques (souvent appelées interconnecteurs) reliant chaque cellule à ses voisines sont schématiquement figurées sous la référence 26.

Bien entendu, la description de cette dernière figure n'a fait
volontairement intervenir que les éléments nécessaires à sa
compréhension, et ceci de façon schématique. La mise en œuvre des
films 251-254 devra être adaptée en fonction des modes de réalisation.
5 Ainsi, pour le mode de réalisation de la figure 4a, le film se placera entre
la cellule 9 et la base de support 12 et la patte associée en position
surbaissée se placera sous la base de support 12 de la cellule adjacente.
Pour le mode de réalisation de la figure 6, le film se placera entre la
cellule 9 et le support 23 et la patte associée se placera sous le support
10 23 de la cellule adjacente.

On notera que le film 700, 710 (Aluminium ou Argent ou autre
matériau déposé optiquement très réfléchissant dans le visible et
électriquement conducteur), est adapté pour offrir une propriété
absorbante dans la gamme de fréquences infrarouges de manière à
15 absorber sous forme de rayonnement infrarouge la chaleur emmagasinée
suite à la réception du rayonnement solaire, et adapté pour offrir une
propriété optique de réflexion dans la gamme des fréquences de la
lumière visible.

20 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de
réalisation décrits dans la présente demande.

REVENDECATIONS

1. Cellule solaire pour un panneau (10,10') de générateur solaire, caractérisé en ce qu'elle est couplée à un réflecteur (70,71,700) pour la réflexion du rayonnement solaire sur la cellule (9), ce réflecteur étant
5 sensiblement de même largeur que celle de contact avec la cellule et fixé à l'une de ses extrémités (E1) dans le sens de la hauteur à la cellule par des moyens de fixation (22,24) de sorte que la cellule forme avec le réflecteur un composant élémentaire (20,21,20'), tandis que l'autre
10 extrémité (E2,E2') demeure libre, les propriétés de flexibilité mécanique du réflecteur étant déterminées de manière à se maintenir dressé, dans une première position, où l'extrémité libre pointe vers l'espace extérieur en l'absence de pression verticale, définissant ainsi une première face du réflecteur dite supérieure (701,711) faisant face à l'espace extérieur alors
15 que la face opposée dite inférieure (702,712) fait face au panneau, et de manière à, dans une seconde position, pouvoir présenter sa face supérieure orientée vers le plan du panneau en réponse à une pression verticale.

2. Cellule selon la revendication 1, caractérisée en ce que la
20 cellule repose sur la partie centrale du réflecteur, les extrémités de ce dernier étant conformées de manière à former deux sous-réflecteurs latéraux pour la cellule.

3. Cellule selon la revendication 2, caractérisée en ce que le réflecteur est composé d'un matériau électriquement isolant, par exemple
25 du Kapton™, et d'un renfort mécanique pour permettre ladite flexibilité, par exemple en Titane.

4. Cellule selon la revendication 2, caractérisée en ce que les deux sous-réflecteurs (700) sont fixés par des attaches (24) électriquement isolantes à la cellule (9), cette dernière reposant sur un

support (23) électriquement isolant conformé de manière à permettre le soutien de la base des sous-rélecteurs lorsque ceux-ci sont déployés.

5. Cellule selon la revendication 4, caractérisée en ce que les deux sous-rélecteurs sont formés d'un film (700) réfléchissant.

5 6. Cellule selon la revendication 2, caractérisée en ce que ledit réflecteur comporte une base (12) sur laquelle repose la cellule, ladite base et les deux sous-rélecteurs formant une seule et même pièce en matériau électriquement isolant, les extrémités supérieures des sous-rélecteurs étant pourvues d'un film réfléchissant (700,710).

10 7. Cellule selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que, selon une coupe (A-A) dans le sens de la longueur de la chaîne (8) de cellules à laquelle appartient la cellule, un support (251-254) électriquement isolant de la cellule, dite courante, est conformé selon un profil à double inflexion de sorte qu'une première
15 extrémité surbaissée de ce support puisse supporter une extrémité surélevée d'un support associé à une première cellule adjacente de la cellule courante et appartenant à ladite chaîne et l'autre seconde extrémité surélevée, destinée à supporter la cellule courante, puisse reposer sur une extrémité surbaissée d'un support associé à une
20 seconde cellule adjacente de ladite cellule courante et appartenant à ladite chaîne, cet agencement entre supports adjacents permettant une entière isolation électrique des cellules d'une même chaîne avec le panneau de support de la chaîne.

8. Cellule selon l'une quelconque des revendications précédentes,
25 caractérisée en ce que ledit réflecteur flexible présente des propriétés mécaniques telles qu'à l'équilibre de la première position, ladite face supérieure (701, 711) présente une concavité (14).

9. Cellule selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que ledit matériau flexible présente des propriétés
30 mécaniques telles qu'à l'équilibre de la première position, chaque

réflecteur (70,71) forme un plan à l'exception de leur extrémité libre (E2) qui présente une courbure vers l'extérieur de manière à supporter la mise en contact lors de la phase de libération de la pression verticale.

5 10. Cellule selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les surfaces des faces inférieures (702,712) présentent un coefficient de frottement faible.

10 11. Cellule selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les deux faces supérieures de chaque couple de sous-réflecteurs associées à une même cellule sont pliées sur elles-mêmes en se faisant face dans la seconde position.

12. Panneau de générateur solaire, caractérisé en ce qu'il comporte une cellule solaire selon l'une des revendications précédentes.

13. Véhicule spatial, notamment satellite, caractérisé en ce qu'il comporte un panneau de générateur solaire selon la revendication 11.

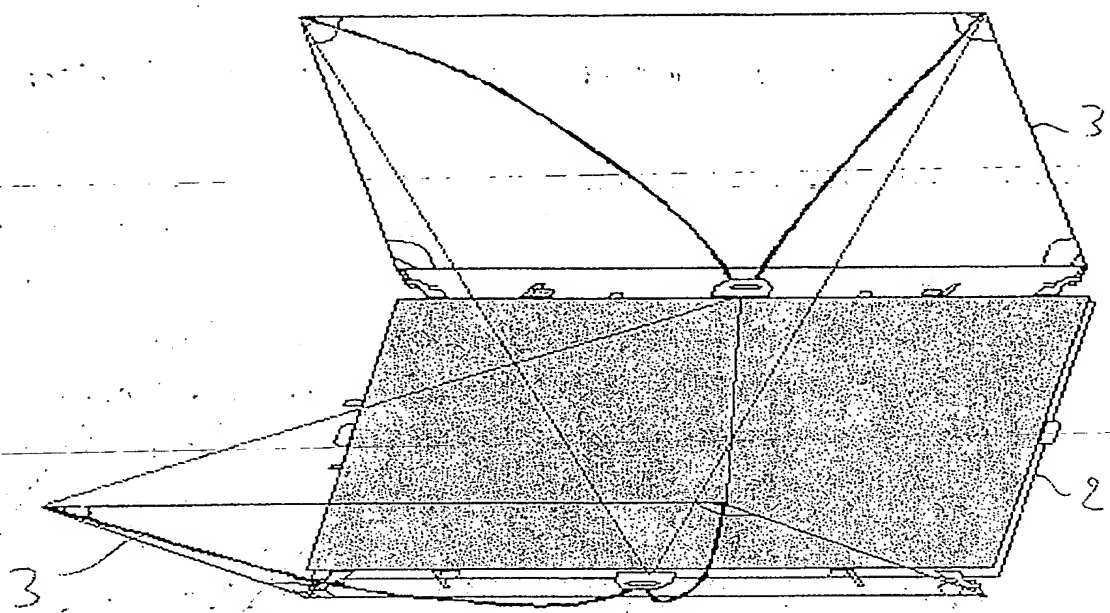


FIG. 1

5

10

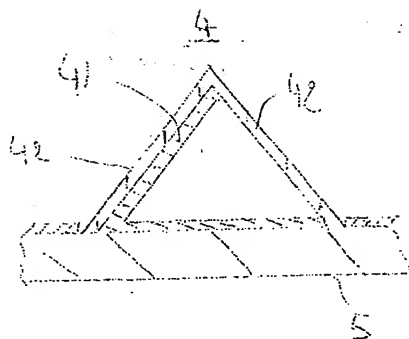


FIG. 2a

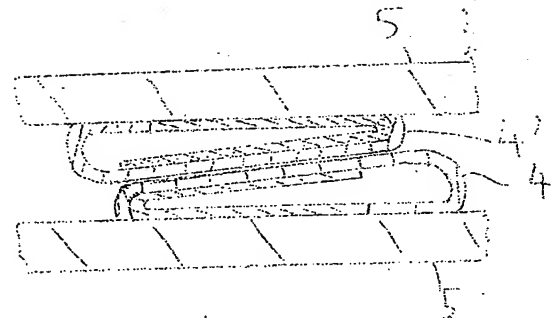


FIG. 2b

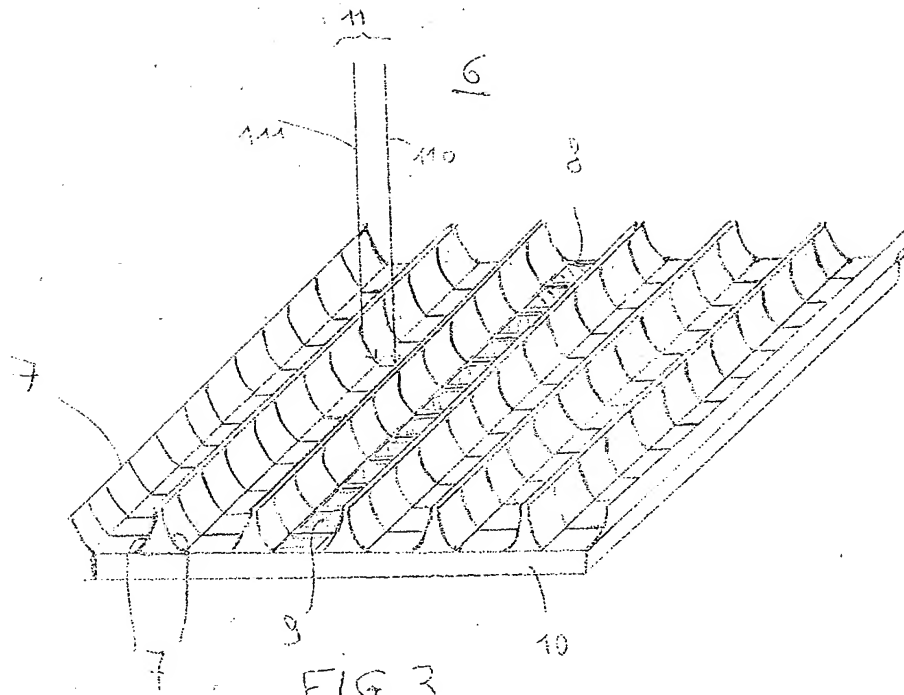


FIG. 3

FIG. 4a

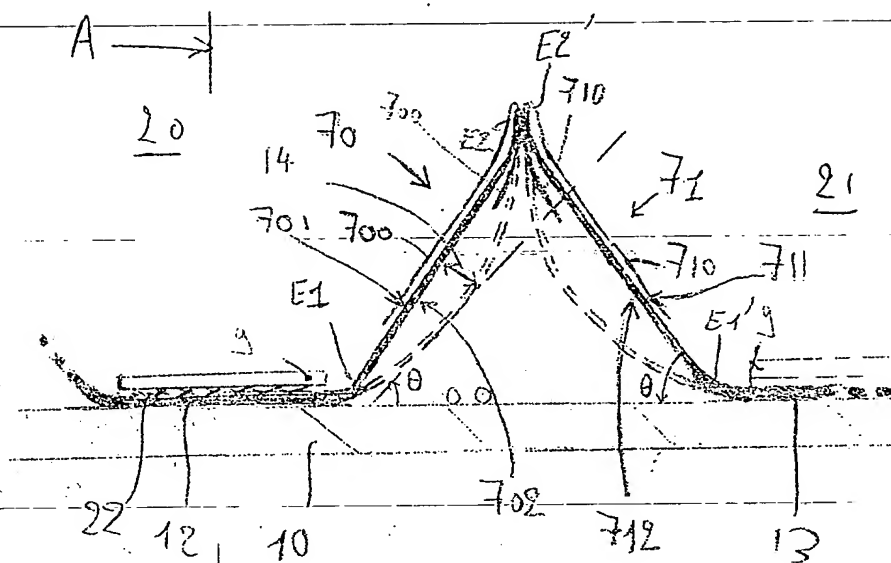
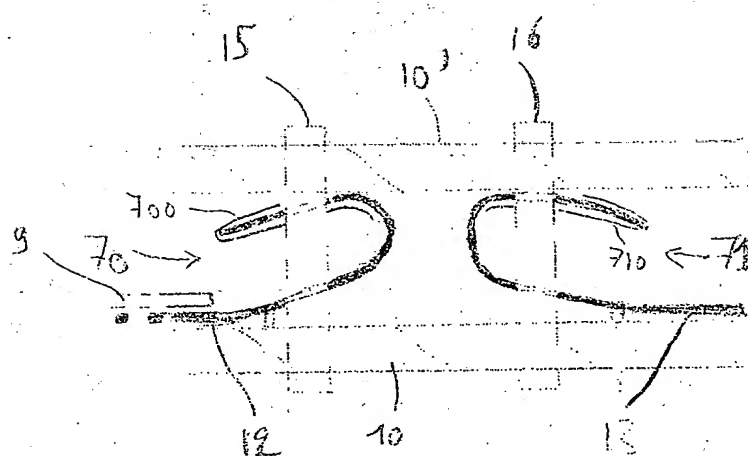
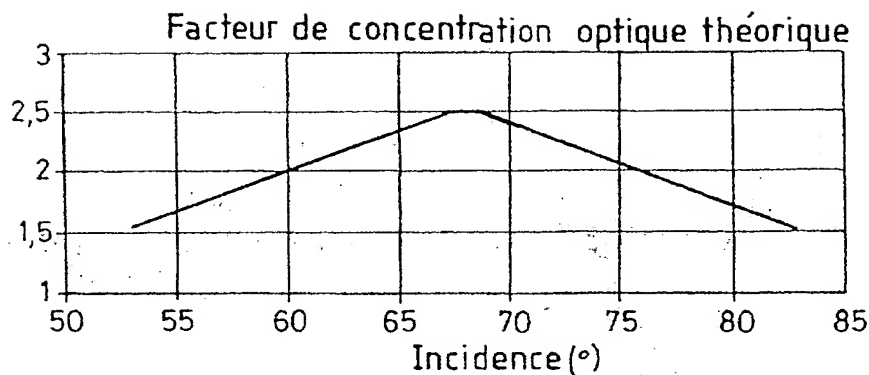
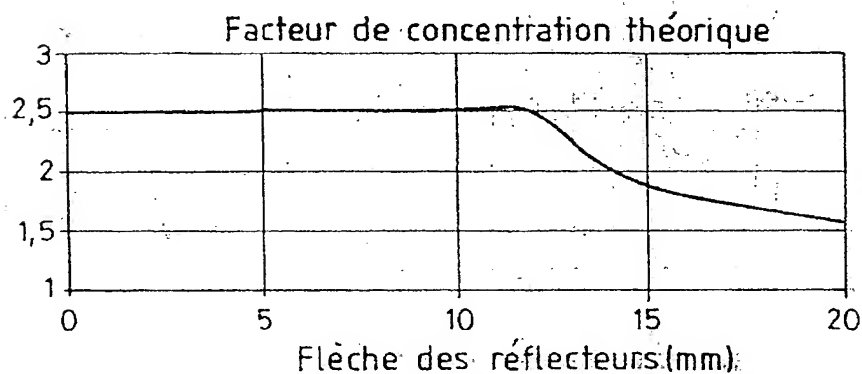


FIG. 4b

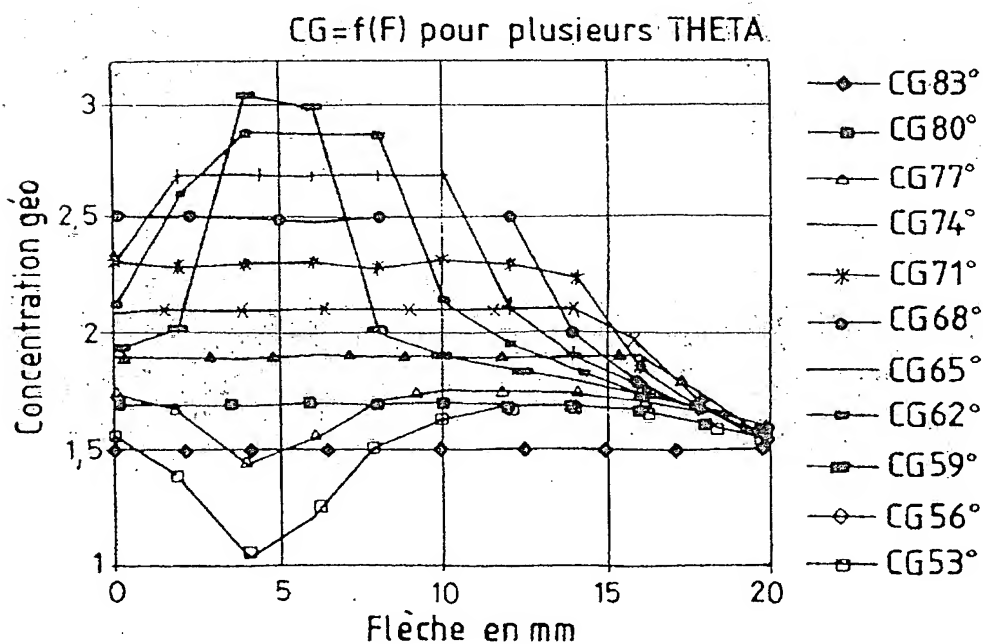




FIG_5a



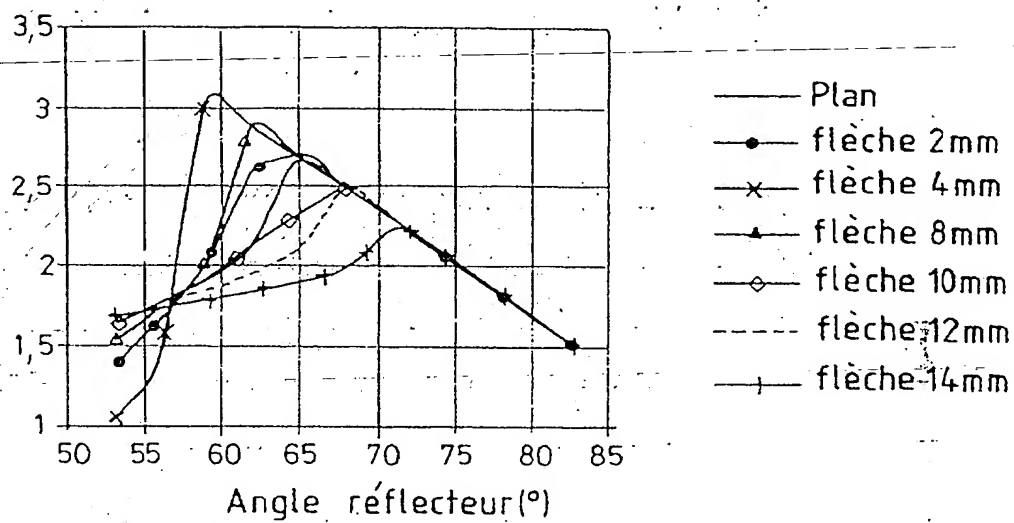
FIG_5b

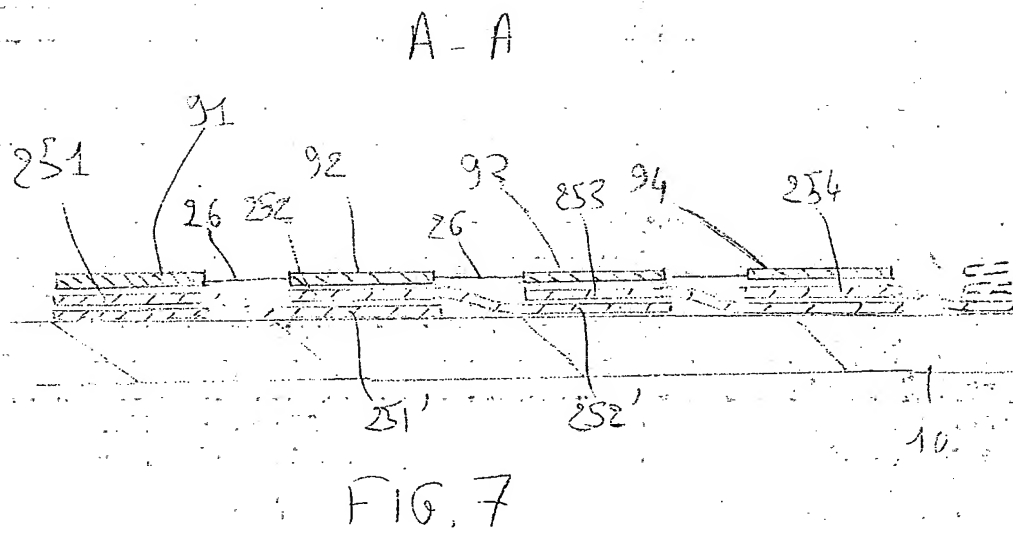
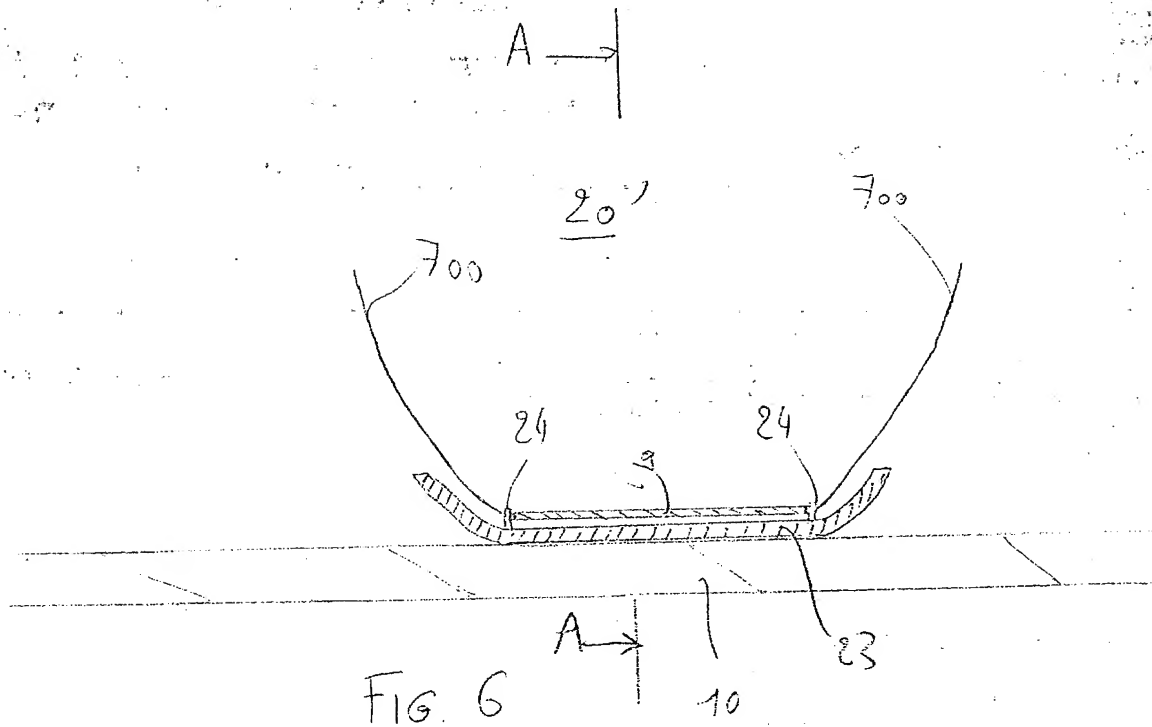


FIG_5c

FIG 5d

Evolution du facteur de concentration







DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75500 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

01 113 71 26 00

Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i>		104942/SH/SSPD/TPM	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0214732	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) CELLULE SOLAIRE POUR PANNEAU DE GENERATEUR SOLAIRE, PANNEAU DE GENERATEUR SOLAIRE ET VEHICULE SPATIAL			
LE(S) DEMANDEUR(S) : Société anonyme ALCATEL			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		BOULANGER	
Prénoms		Bernard	
Adresse	Rue	CD7 LES TOURRES	
	Code postal et ville	83520	ROQUEBRUN SUR ARGENS, FRANCE
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance <i>(facultatif)</i>			
DATE ET SIGNATURE(S) RIX DU DEMANDEUR(S) RIX DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		25 novembre 2002 Stéphane HEDARCHET 